

MALZEME TESTLERİNDE YENİ BOYUT SANAL ORTAMDA MALZEME TESTLERİ

Doğukan Kaymak¹

1. GİRİŞ

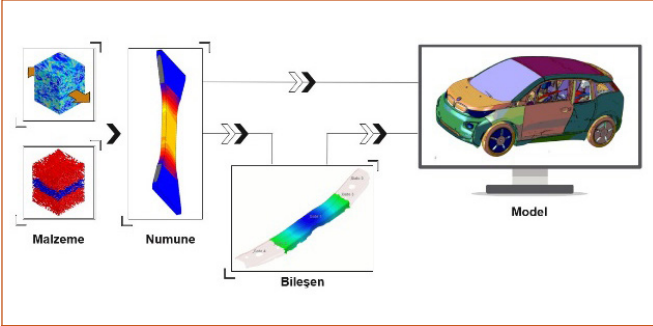
Malzeme testlerinin doğru bir şekilde yapılması, mühendislikteki temel bir unsurdur ve bu süreç, malzemelerin özelliklerini anlama ve geliştirmenin önemli bir parçasıdır. Endüstriler, dayanıklılık, verimlilik ve sürdürülebilirlik gibi önemli özelliklere odaklandıkça, malzeme testlerinin rolü daha önem kazanmıştır. Bu doğrultuda, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, sanal malzeme testi yazılımlarındaki gelişmeler, bu süreci daha etkili ve verimli duruma getirme şansını yaratmıştır.

Malzeme testleri, mühendislerin malzemelerin mekanik, ısı ve kimyasal özelliklerini anlamalarına yardımcı olur. Bu bilgiler, havacılık, otomotiv, enerji ve daha birçok sektörde kullanılan malzemelerin tasarımında ve geliştirilmesinde büyük önem taşır. Ancak, geleneksel malzeme

testleri zaman alıcı olabilir ve maliyetlidir. Bu noktada, sanal malzeme testi yazılımları devreye girer. Bu tür yazılımlar, Şekil 1’de görüldüğü gibi bilgisayar tabanlı simülasyonlar aracılığıyla malzemenin davranışını anlamak için gerçek dünya deneyimini taklit eder. Bu, mühendislerin hızlı prototip oluşturmasını, tasarım iyileştirmelerini daha hızlı bir şekilde gerçekleştirmesini ve ürün geliştirme süreçlerini en uygun duruma getirmesini sağlar.

Bu yazıda, sanal malzeme testi yazılımlarının sunduğu üstünlüklere dikkat çekilecektir. Bu tür yazılımların, malzeme test süreçlerini nasıl ilerlettiğini ve mühendislerin daha güvenilir ve istenilen özelliklere en uygun malzemeler geliştirmelerine nasıl katkı sağladığını inceleyeceğiz. İnceleme, DIGIMAT-VA sanal malzeme testi yazılımı üzerinden yapılacaktır.

¹ BİAS Mühendislik, Pozisyon: Yapısal Analiz Mühendisi - dkaymak@bias.com.tr



Şekil 1. Sanal Malzeme Testi Şeması

SANAL MALZEME TESTİ YAZILIMLARININ EVRİMİ

20. yüzyılın son çeyreğinde, malzeme biliminde numerik teknolojinin gelişimiyle birlikte önemli bir dönüm noktasına ulaşıldı. Bu dönem, malzeme davranışının bilgisayar ortamında modellenmesine olanak tanıyan sanal malzeme test yazılımlarının doğuşunu simgeliyordu.

İlk sanal test yazılımları, esas olarak elastisite teorisi ve basit gerilme analizlerine dayanıyordu. Bu dönemdeki yazılımlar, malzemelerin mekanik özelliklerini basitleştirilmiş modellerle simüle ediyordu. Ancak, bu ilk adımlar, malzeme biliminin ve mühendisliğin sınırlarını genişletmeye başladı.

1990'lar ve 2000'lerin başında, bilgisayar işlem gücündeki artış ile birlikte bu yazılımlar, mikro yapısal analizler ve karmaşık yük koşullarını modellemeye başladı. Bu dönemde, polimerler, kompozitler ve metal alaşımları gibi çeşitli malzemelerin detaylı davranışları, atomik ve moleküler seviyede incelenmeye başlandı.

Özellikle sonlu elemanlar yönteminin (FEM - Finite Element Method) entegrasyonu, sanal malzeme test yazılımlarının yeteneklerinde önemli bir ilerleme sağladı. Bu yöntem, malzemelerin yük altındaki karmaşık davranışlarını ayrıntılı bir şekilde simüle etmeyi olanaklı kıldı. Yüksek performanslı hesaplama (HPC - High Performance Computing) teknolojilerinin kullanımı ile birlikte, daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edilmeye başlandı.

Günümüzde, sanal malzeme test yazılımları, nano ölçekten makro ölçeğe kadar geniş bir yelpazede malzeme davranışını modelleyebilmektedir. Özellikle malzeme bilimi, havacılık, otomotiv ve biyomedikal mühendisliği gibi alanlarda çok önemli rol oynamaktadır. Bu yazılımlar, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve malzemelerin özellik-

lerinin en istenilen konuma getirilmesi süreçlerinde vazgeçilmez araçlar oluşmuştur.

TEST STANDARTLARININ UYUMU

Malzeme test yazılımlarının gelişimi, standart test işlemlerinin bu tür yazılımlara uyumu ile önemli bir boyut kazanmıştır. Bu uyum çalışmaları, mühendislik ve malzeme bilimi alanlarında standartlaşmanın ve doğruluğun artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tür standartlardan en bilineni olan ASTM (Amerikan Test ve Malzeme Derneği), uluslararası düzeyde kabul görmüş bir dizi yöntem ve ölçüt seti sunar. Örneğin, ASTM D638, plastik malzemelerin çekme özelliklerini test etmek için kullanılan bir yöntemdir.

Standart test yöntemleri, malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan prosedürlerdir. Bu yöntemler, ulusal ve uluslararası standart kuruluşları tarafından geliştirilir ve malzemelerin karşılaştırılabilir ve tekrarlanabilir test sonuçları elde etmesini sağlar. Gelişmiş malzeme test yazılımlarının bu standartlarla uyumlu duruma getirilmesi, mühendislerin ve araştırmacıların malzeme davranışını daha doğru ve tutarlı bir şekilde analiz etmelerine olanak tanır.

Bu yazılımlar, çeşitli yük, sıcaklık ve basınç koşulları altında malzemelerin mekanik, ısıl ve kimyasal özelliklerini simüle ederken, standart test yöntemlerine göre yapılandırılmıştır. Bu sayede, mühendisler sanal ortamda gerçekleştirdikleri testlerde standartlara uygun sonuçlar elde edebilir ve bu sonuçları gerçek dünya uygulamalarıyla doğrudan karşılaştırabilirler.

Ayrıca, bu uyumluluk, malzeme seçimi ve tasarım süreçlerini iyileştirir. Mühendisler, malzemelerin standartlara uygunluğunu ve çeşitli koşullardaki başarımlarını hızlı bir şekilde değerlendirebilir, böylece malzeme geliştirme döngüsü kısalmış ve maliyetler azalır. Bu, özellikle otomotiv, havacılık ve inşaat gibi standartların oldukça katı olduğu sektörlerde büyük önem taşır.

Sonuç olarak, malzeme test yazılımlarına standart test yöntemlerinin uyumlaştırılması, mühendislik ve malzeme bilimi alanlarında yenilik ve verimliliği artırmakta, malzemelerin daha güvenilir ve tutarlı bir şekilde test edilmesine olanak tanımaktadır.

İŞ AKIŞI VE SENARYOLAMA

Bilindiği üzere malzeme testleri için hazırlanmış ve uluslararası kabul gören test standartları, fiziksel malzeme testleri için bir yol göstericidir. Bu tür standartlar, testlerde nasıl bir parça geometrisi kullanılacağından tutup hangi ölçekte yükleme yapılacağına kadar birçok standart senaryo sunmaktadır. Bu tür sanal malzeme testi yazılımlarında da bu standartlara göre hazırlanmış geometriler ve test senaryoları hazır bir şekilde kullanıcıya sunulur. Kullanıcının yapması gerek işlemler çok basit ve hızlıca halledilebilir düzeydedir. İlk olarak bir malzeme seçiminin yapılması ve bu malzemenin ne tür bir teste tutulacağına kullanıcı tarafından yazılıma girilmesi gerekmektedir. Sonrasında testin gerçekçi ve doğru simüle edilebilmesi için diğer ayrıntılar da kullanıcılardan istenmektedir. Örneğin bu test ne tür bir ortamda gerçekleştirilmektedir ya da kaç farklı test gerçekleştirilecektir gibi bilgiler test kurulum aşamasındaki ayrıntılardır. Bilindiği üzere birçok malzeme farklı ortam şartlarında farklı özellikler gösterdiğinden, bu tür ayrıntılı bilgilerin doğru işlenmesi test sonucunun daha doğru çıkarılması için büyük önem taşımaktadır.

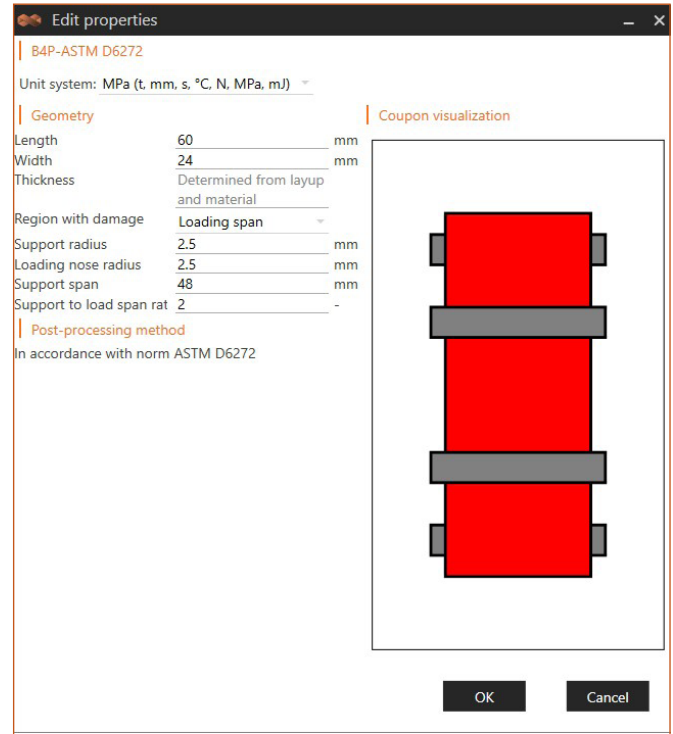
Sağlanan bilgiler ışığında çalıştırılan yazılımlar, testleri uygun bir şekilde gerçekleştirir ve kullanıcıya test sonuçlarını sağlar. Bu sonuçların doğruluğunun test edilmesi de önemli bir aşamadır. Çünkü malzeme testlerindeki malzemelerin, üretim aşamalarından kaynaklanan ve malzeme özelliklerini değiştiren etkenler vardır. Örneğin bir üretim havuzunda malzemeyi oluşturan bileşenler her tarafa benzeşik bir şekilde dağılamamış olabilmektedir veya test edilen malzeme benzeşik malzeme oluşturamayan bir üretim yöntemiyle elde edilmiş olabilir. Bu tür etkenlerin elimine edilebilmesi için farklı sektörlerde farklı test sertifikasyonları kabul görmektedir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde fiziksel testlerde de kullanılan bir setifikasyonlaştırma olan MIL-HDBK-17 sertifikasyon (onaylama) kitapçığı kullanılmaktadır. Bu kitapçıkta, bir malzeme testinin kabul görebilmesi ve onaylanabilmesi için bazı şartlar aranmaktadır. Örneğin olumsuz üretim etkenlerini devre dışında tutabilmek amacıyla farklı üretim havuzlarından alınan belirli sayıdaki plakaların farklı bölgelerinden alınan belirli sayıdaki örnek üzerinde test gerçekleştirilmesi malzeme testinin onaylanması için şart koşulmuştur. Malzemelerin bu sertifikasyonu alabilmesi için bu senaryo için standartlarda belirtilen örnek sayısı kadar örneklerin test edilip geçer notu alması şarttır.

Bu notlandırma sistemini genel olarak şu şekilde anlatıla-

biliriz. Test edilen malzeme için belirtilen sayıda örneğin test edilmesi ve bu testlerden belirli sayısının kitapçıkta o test için belirtilen baz değerlerin üstünde sonuç vermesi gerekmektedir. Bu şekilde üretim yöntemlerinden kaynaklı sorunların devre dışı bırakılması sağlanır. Sektördeki bazı yazılımlar, bu tür sertifikasyonlaştırma sitemlerini de bünyelerine katmış olarak kullanıcıya sunulmaktadır. Ve bu sistemler tek tıkla simülasyona katılabilmektedir. Bu tür geliştirmeler de dikkate alındığında, sanal testlerin gerçekçiliği sektörde yavaş yavaş kabul görmesini sağlamıştır. [1]

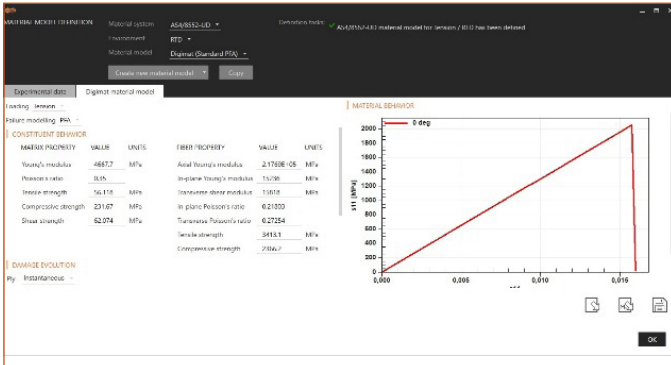
ÖRNEK ÇALIŞMA

Bu örnek çalışma malzeme modelleme, üretim simülasyonu ve malzeme testlerini yapabilen Digimat yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada, 60 mm uzunluğunda ve 24 mm genişliğinde bir örneğin ASTM D6272 standardına göre 4-Nokta bükme analizi gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki şekilde test düzeneği ile ilgili görsel ve değişkenler görülebilmektedir. [2]



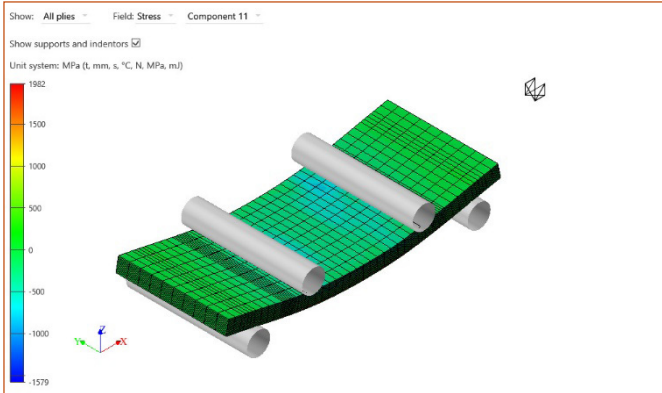
Şekil 2. Digimat-VA Arayüzü - Test Düzeneği

Analizde kullanılan malzeme AS4/8552-UD Digimat malzeme modelidir. Malzeme ile ilgili bilgiler aşağıdaki görselde incelenebilir.



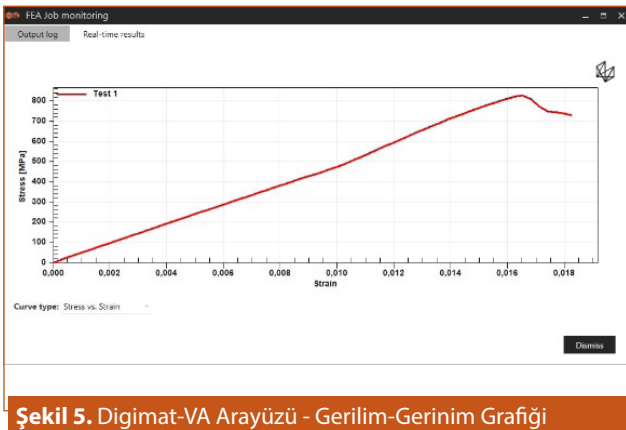
Şekil 3. Digimat-VA Arayüzü - Malzeme Modeli

Analizde yalnız bir örneğin bükme testi yapılmıştır. Analiz sonunda ortaya çıkan örnek üzerindeki gerilim dağılımı Şekil 4' de görülmektedir.



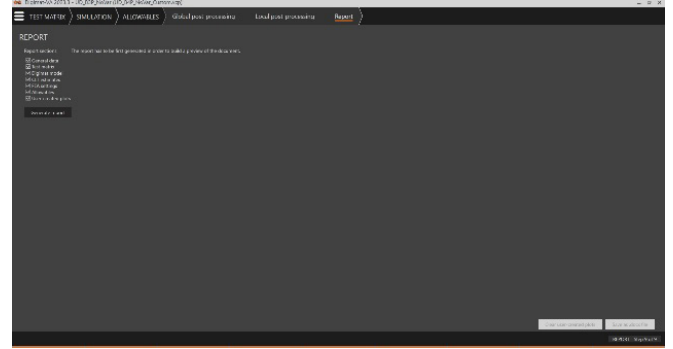
Şekil 4. Digimat-VA Arayüzü - Gerilim Dağılımı

Ekl olarak, analiz çıktısı olarak gerilim-gerinim grafiği de alınabilmektedir. Şekil 5' te görülen grafik tek bir test sonucunu göstermektedir. Birden fazla test analizi gerçekleştirildiğinde testlerin sonuçları aynı grafik üzerinde gösterilebilir.



Şekil 5. Digimat-VA Arayüzü - Gerilim-Gerinim Grafiği

Ayrıca, Şekil 6'da görüldüğü üzere analiz sonuçlarının ve görsellerinin bulunduğu bir rapor da oluşturulabilmektedir.



Şekil 6. Digimat-VA Arayüzü - Rapor Oluşturma

SONUÇ

Bu yazıda, malzeme testlerinin sanal ortamda nasıl gerçekleştirildiği ve bu sürecin mühendislik ve malzeme bilimi alanlarında nasıl bir devrim yarattığı ayrıntılı olarak incelenmiştir. DIGIMAT-VA yazılımı kullanılarak yapılan örnek bir analizle, bu teknolojinin pratik uygulamaları gösterilmiştir. Geleneksel test yöntemlerine kıyasla, sanal malzeme testlerinin zaman ve maliyet verimliliği, tekrarlanabilirlik ve standartlara uygunluk açısından sağladığı üstünlükler vurgulanmıştır.

Sanal test yazılımlarının, malzeme biliminin geleceği üzerindeki etkisi göz ardı edilemez. Bu yazılımlar, daha hızlı ve verimli test süreçleri sunmakla kalmıyor, aynı zamanda malzemelerin daha ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde incelenmesini de sağlıyor. Özellikle havacılık, otomotiv ve biyomedikal mühendisliği gibi alanlarda bu teknolojinin rolü giderek artmaktadır.

Bu teknolojik ilerlemenin getirdiği fırsatlar, mühendisler ve araştırmacılar için yeni kapılar açmaktadır. Malzeme testlerindeki bu sayısal dönüşüm, daha güvenli, daha dayanıklı ve daha sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesine önemli katkılarda bulunmaktadır. Sonuç olarak, sanal malzeme testlerinin, endüstriyel uygulamalar ve akademik araştırmalar için vazgeçilmez bir araç haline geldiği açıktır. Bu teknolojinin gelecekteki gelişimi, malzeme biliminin sınırlarını daha da genişletecek ve mühendislik dünyasında yenilikçi çözümlerin önünü açacaktır.

KAYNAKÇA

1. "MIL-HDBK-0001-0099. Jan. 28, 2024. [Online]. <http://every-spec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0001-0099/> Son Erişim Tarihi: 28 Ocak 2024
2. DIGIMAT User's Manual 2023.3
3. DIGIMAT Examples Manual 2023.3